نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۴۹۳-۴۸۱

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 4, Winter 2021, p. 481-493

مقاله علمی- پژوهشی

تعیین ارزش غذایی، گوارش‌پذیری مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز جیره‌های حاوی دو منبع فیبر محلول و نامحلول در شترمرغ

سید محمد میربهبهانی[۱]- سید جواد حسینی واشان*[۱]- محسن مجتهدی[۱]- سیدهمایون فرهنگ فر[۱]- سید عبدالله حسینی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷

چکیده

به منظور تعیین ارزش غذایی، گوارش‌پذیری مواد مغذی و انرژی قابل سوخت و ساز جیره‌های حاوی دو منبع فیبر محلول و نامحلول در شترمرغ، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۶ تکرار در هر تیمار (در هر تکرار یک پرنده) در سنین ۲، ۴ و ۶ ماهگی اجرا شد. تیمارها شامل تیمار شاهد (دارای ۷/۵ درصد فیبر محلول و ۱۶ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی پیش‌آغازین (۱ تا ۲ ماهگی)، ۷/۶ درصد فیبر محلول و ۲۰ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی آغازین (۲ تا ۴ ماهگی)، ۸/۲۵ درصد فیبر محلول و ۲۵/۵ درصد فیبر نامحلول در دوره رشد (۴ تا ۶ ماهگی))، تیمار ۲ و ۳ به ترتیب دارای ۲ و ۴ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد و تیمار ۴ و ۵ به ترتیب دارای ۲ و ۴ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد بودند. گوارش‌پذیری مواد مغذی، AME و AMEn به روش جمع‌آوری کل فضولات اندازه‌گیری شدند. تفاوت معنی‌داری در گوارش‌پذیری مواد مغذی بین تیمارها مشاهده نشد. AMEn، گوارش‌پذیری خاکستر، فیبر محلول و نامحلول، با افزایش سن افزایش یافتند (P<۰/۰۰۰۱). AMEn بین تیمار شاهد و تیمارهای دارای فیبر نامحلول بیشتر تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی در تیمارهای دارای ۲ و ۴ درصد فیبر محلول بیشتر، نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۰۰۱). با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که افزایش منابع فیبر محلول و نامحلول (در سطوح مورد استفاده در این آزمایش) اثر منفی بر گوارش پذیری مواد مغذی در شترمرغ ندارد و می‌توان از این منابع در جیره شترمرغ استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب فرار، پروتئین، تخمیر، راست روده، شترمرغ

مقدمه

همانند جوجه‌های گوشتی بخش عمده‌ی هزینه‌های پرورش شترمرغ مربوط به تغذیه است (۵ و ۱۴). با توجه به توانایی بالاتر شترمرغ نسبت به جوجه‌های گوشتی در مصرف فیبر (۶)، انتظار می‌رود بتوان با بهره‌مندی از خوراک‌های ارزان‌تر جیره‌ای با قیمت پایین‌تر را در اختیار شترمرغ‌ها قرار داد. فرآورده‌های فرعی محصولات زراعی نظیر تفاله چغندرقند و انواع سبوس‌ها منابع غنی فیبر می‌باشند که هر کدام درصدهای متفاوتی از فیبر محلول و نامحلول دارند (۳۲).

شترمرغ (*Struthio camelus*) راست روده بسیار طویلی (حدود ۸ متر) دارد به طوری‌که حدود ۵۷ درصد طول دستگاه گوارش شترمرغ سانان را تشکیل می‌دهد ولی در مرغ، اندازه راست روده فقط ۳-۲ درصد طول دستگاه گوارش است؛ بنابراین دستگاه گوارش شترمرغ نسبت به ماکیان بسیار متفاوت است و این تمایز و استقرار جمعیت میکروبی بالا در راست روده، قابلیت استفاده از خوراک‌های فیبری را در شترمرغ فراهم نموده است (۷ و ۲۸). میکروارگانیسم‌های موجود در راست روده شترمرغ قادرند ۳۸ درصد سلولز و ۶۸ درصد همی‌سلولز را هضم کنند (۳۱). تخمیر میکروبی تولید اسیدهای چرب فرار می‌کند که حدود ۷۶ درصد از انرژی قابل متابولیسم مورد نیاز شترمرغ‌های در حال رشد از طریق همین اسیدهای چرب فرار تأمین

۱- بترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، استادیار و استاد، گروه علوم دامی دانشگاه بیرجند. بیرجند. ایران
۲- دانشیار تغذیه طیور، بخش تغذیه دام، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور. کرج. ایران.
(*- ایمیل نویسنده مسئول: jhosseiniv@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i4.81693

می‌شود (۳۰). گلتز و همکاران (۱۴) اثر افزودن آنزیم بـه جیـره‌هـای حاوی سیلوی یونجه را در شترمرغ‌ها بررسی کردند. پرندگان دریافت کننده آنزیم در جیره، هیچ‌گونه بهبودی را در سرعت رشد نسـبت بـه پرندگان تغذیه شده با جیره‌های فاقد آنزیم نشان ندادند. این محققین نتیجه گرفتند که انجام تخمیر میکروبی در روده کـور و راسـت روده انرژی لازم را برای پرنده فراهم می‌کند و نیاز به افزودن آنـزیم را در خوراک‌های فیبری مرتفع می‌سازد.

فیبر جیره به دو نوع محلول در آب و نامحلول در آب تقسیم می‌شود. فیبرهای نامحلول در آب شامل سلولز، لیگنـین و بخشـی از همی‌سلولز می‌باشند کـه بـه دلیـل سـرعت عبـور بیشـتر از دسـتگاه گوارش، نسبت به فیبرهای محلول کمتر مورد تخمیر قرار می‌گیرنـد. فیبرهای محلول در آب به طور عمده شـامل پکتـین‌هـا، صـمغ‌هـا و موسیلاژها می‌باشند که به خوبی مورد تخمیر قـرار مـی‌گیرنـد (۱۰). فیبرهای محلول به واسطه افزایش گرانروی، تماس آنزیم‌ها را با مواد هضمی کاهش می‌دهند و در نتیجه باعث کاهش هضم و جذب مواد مغذی در دستگاه گوارش می‌شوند (۱۵). شاخه‌دار بودن، حضور گروه-های یونی و نوع پیوند (مانند بتاگلوکان با پیوندهای بتا ۱–۳ و بتا ۱–۴) باعث افزایش حلالیت فیبر می‌شوند (۱۰). در مورد مقدار استاندارد فیبر محلول در جیره‌ی شترمرغ‌ها گزارش رسـمی وجـود نـدارد؛ امـا سطح توصیه شده فیبر خام تا ۹ هفتگی حداکثر ۱۰ درصد، در دوره‌ی آغازین حداکثر ۱۳/۵ درصد و در دوره‌ی رشـد حـداکثر ۱۷/۵ درصـد می‌باشد (۹). همچنین گزارش شده است سطح مناسب فیبر نامحلول در جیره‌ی شترمرغ‌ها تـا ۹ هفتگـی ۱۴ تـا ۱۶ درصـد و از ۹ تـا ۴۲ هفتگی ۱۸ تا ۲۰ درصد در نظر گرفته شود (۲۸).

با توجه به این که اثر فیبر محلول و نامحلول در دستگاه گوارش متفاوت از یکدیگر است و تاکنون تحقیقی پیرامون تأثیر منبع فیبر در شترمرغ انجام نشده است، این پژوهش با هدف تعیین ارزش غـذایی، گوارش‌پذیری مواد مغذی و انرژی قابـل سـوخت و سـاز جیـره‌هـای حاوی دو منبع فیبر محلول و نامحلول در شترمرغ انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی امکان استفاده از سطوح بالاتر فیبر محلول و نامحلول در جیره شترمرغ، ایـن آزمـایش بـا اسـتفاده از ۳۰ قطعـه شترمرغ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و ۶ تکرار در هر تیمار (در هر تکرار یک پرنده) در سه دوره پیش‌آغازین (۱ تـا ۲ مـاهگی)، آغازین (۲ تا ۴ ماهگی) و رشد (۴ تا ۶ ماهگی) اجرا شد (۶). جیره‌هـا بر اساس توصیه سیلیرز (۶) و اسچدلر و سل (۲۸) با استفاده از نـرم-افزار UFFDA تنظیم شدند (جدول ۱) و ترکیب شیمیایی جیره‌هـای مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

تیمارهای آزمایشی به صورت زیر بودند:

۱- جیره پایه با سطح اسـتاندارد فیبـر (درصـد فیبـر محلـول در دوره‌های پیش‌آغازین، آغازین و رشد به ترتیب برابـر بـا ۷/۵، ۷/۶ و ۸/۲۵ ؛ درصد فیبر نامحلول در دوره‌های پیش‌آغازین، آغازین و رشد به ترتیب برابر با ۱۶، ۲۰ و ۲۵/۵)

۲- تیمار حاوی ۲ درصد فیبر محلول بیشتر از جیره پایه (تفالـه چغندر قند به عنوان منبع فیبرمحلول؛ درصد فیبر محلول در دوره‌های پیش‌آغازین، آغازین و رشد به ترتیـب برابـر بـا ۹/۵، ۹/۶ و ۱۰/۲۵؛ درصد فیبر نامحلول برابر با تیمار شاهد)

۳- تیمار حاوی ۴ درصد فیبر محلول بیشتر از جیره پایـه (تفالـه چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول؛ درصد فیبر محلول در دوره‌های پیش‌آغازین، آغازین و رشد به ترتیب برابر بـا ۱۱/۵، ۱۱/۶ و ۱۲/۲۵؛ درصد فیبر نامحلول برابر با تیمار شاهد)

۴- تیمار حاوی ۲ درصد فیبـر نـامحلول بیشـتر از جیـره پایـه (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول؛ درصد فیبـر نـامحلول در دوره‌های پیش‌آغازین، آغازین و رشد بـه ترتیـب برابـر بـا ۱۸، ۲۲ و ۲۷/۵؛ درصد فیبر محلول برابر با تیمار شاهد)

۵- تیمار حاوی ۴ درصد فیبـر نـامحلول بیشـتر از جیـره پایـه (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول؛ درصد فیبـر نـامحلول در دوره‌های پیش‌آغازین، آغازین و رشد بـه ترتیـب برابـر بـا ۲۰، ۲۴ و ۲۹/۵؛ درصد فیبر محلول برابر با تیمار شاهد).

۳۰ قطعه جوجه شترمرغ یک ماهه (مخلوط دو جنس) با میانگین وزنی ۲۰۲/۳۷±۳۰۸۲ گرم در قفس‌هـایی بـه طـول ۲، عـرض ۱ و ارتفاع ۳ متر از سن یک تا ۲ ماهگی و قفس‌هایی با طول ۲/۵، عرض ۲ و ارتفاع ۳/۵ متر از سن ۲ تا ۶ ماهگی پرورش یافتنـد. بـه منظـور تعیین گوارش‌پذیری مواد مغذی، AME و AMEn با استفاده از روش جمع‌آوری کل فضولات (۱۳)، نایلون در بستر هر پن قرار گرفت. وزن نایلون قبل از استفاده اندازه‌گیری شد. پرندگان تحت گرسنگی اولیـه ۳۶ ساعته (در سن ۲ ماهگی) و ۴۸ ساعته (در سنین ۴ و ۶ مـاهگی) قرار گرفتند، سپس خوراک به مدت ۲۴ ساعت در اختیار شـترمرغ‌هـا قرار داده شد و مجدداً ۳۶ ساعت گرسنگی (در سن ۲ مـاهگی) و ۴۸

ساعت گرسنگی (در سنین ۴ و ۶ ماهگی) اعمال شد و فضولات در یک دوره‌ی ۶۰ ساعته (در سن ۲ ماهگی) و ۷۲ ساعته (در سنین ۴ و ۶ ماهگی) جمع‌آوری شدند. ۴ لایه نایلون در بستر هر پرنده قرار گرفت. لایه‌ی اول پس از اعمال گرسنگی اولیه جمع‌آوری شد. لایه دوم پس از خوراک‌دهی جمع‌آوری شد و لایه‌ی سوم پس از گرسنگی پایانی جمع‌آوری شد. به منظور جلوگیری از تماس مواد موجود در بستر با نایلون لایه سوم، نایلون چهارمی هم در بستر قرار گرفت. وزن فضولات دفعی طی خوراک‌دهی و گرسنگی پس از آن اندازه‌گیری شد.

گوارش‌پذیری مواد مغذی طبق فرمول زیر محاسبه شد (۲۰):

1-

$$1-\ \text{Nutrient digestibility}\ (\%) = \frac{(Fi \times NUf)-(E \times NUe)}{Fi \times NUf} \times 100$$

Fi = خوراک مصرفی (گرم)

E = فضولات (گرم)

Nu_f = غلظت ماده مغذی در خوراک (درصد)

Nu_e = غلظت ماده مغذی در فضولات (درصد)

انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری و ظاهری تصحیح شده بر مبنای تعادل صفر نیتروژن طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند (۶):

$$2-\ AME\left(\frac{kcal}{kg}\right) = \frac{(Fi \times GEf)-(E \times GEe)}{Fi}$$

$$3-\ AMEn\left(\frac{kcal}{kg}\right) = \frac{[(Fi \times GEf)-(E \times GEe)]-(NR \times K)}{Fi}$$

$$4-\ NR = (Fi \times N_f) - (E \times N_e)$$

AME[1]: انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری (kcal/kg)

AMEn[2]: انرژی قابل سوخت و ساز ظاهری تصحیح شده بر مبنای تعادل صفر نیتروژن (kcal/kg)

NR[3]: ابقای نیتروژن

Fi: خوراک مصرفی (kg)

E: فضولات (kg)

GE_f: انرژی خام خوراک مصرفی (kcal/kg)

GEe: انرژی خام فضولات (kcal/kg)

Nf: غلظت نیتروژن خوراک (درصد)

Ne: غلظت نیتروژن فضولات (درصد)

K: ۸/۲۲ کیلوکالری به ازای هر گرم نیتروژن (۸۲۲۰Kcal/kg)

از تفاله چغندرقند و سبوس گندم به ترتیب به عنوان منبع فیبر محلول و نامحلول و به منظور تنظیم نسبت فیبر محلول و نامحلول تیمارها به یگدیگر در جیره‌ها استفاده شد. ترکیب مواد مغذی تفاله چغندر قند و سبوس گندم مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۳ آورده شده است.

مواد مغذی خوراک و فضولات مطابق روش‌های (۱۹۹۷) AOAC[4] اندازه‌گیری شد (۳). انرژی خام خوراک و فضولات توسط دستگاه بمب کالریمتر اندازه گیری شد.

نسبت راندمان انرژی (EER[5]) در هر دوره به روش زیر محاسبه شد (۲۵):

$$5\text{-}EER\left(\frac{g}{kcal}\right) = \frac{\text{Weight gain (g)} \times 100}{AMEn\left(\frac{kcal}{kg}\right) \times Fi(kg)}$$

به منظور اندازه گیری فیبر کل جیره از کیت مگازیم استفاده شد (AOAC Official Method 991.43). فیبر نامحلول طبق روش ون سوست و همکاران (۳۳) اندازه‌گیری شد. از تفاضل فیبر نامحلول از فیبر کل، مقدار فیبر محلول محاسبه شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (۲۷) SAS[6] و رویه mixed برای داده‌های تکرار دار در زمان با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ به روش توکی‌کرامر آنالیز شدند. مدل آماری مورد استفاده به صورت زیر بود:

$$Y_{ijk}=\mu+ T_i +M_k+(T_i{*}M_k)+e_{ijk}$$

Y_{ijk} = متغیر وابسته   μ= میانگین کل T_i= اثر تیمار M_k= اثر ماه آزمایش $T_i{*}M_k$= اثر متقابل تیمار و ماه e_{ijk}= اثر خطای آزمایشی

نتایج و بحث

داده‌های مرتبط با اثر استفاده از منابع مختلف فیبر محلول و نامحلول در جیره جوجه شترمرغ نشان داد که منبع فیبر بر گوارش‌پذیری مواد مغذی اثر ندارد (P>۰/۰۵؛ جدول۴). عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها به دلیل ساختار دستگاه گوارش شترمرغ است. راست روده شترمرغ از روده باریک آن طویل‌تر است (راست روده ۵۷ درصد دستگاه گوارش و روده باریک ۳۶ درصد دستگاه گوارش را

1- Apparent Metabolizable Energy
2- Apparent Metabolizable Energy corrected for zero nitrogen balance
3- Nitrogen Retention
4- Association of Official Analytical Chemists
5- Energy Efficiency Ratio
6- Statistical Analysis System

شامل می‌شود) (۷ و ۲۸) و مکان مناسبی جهت تخمیر فیبرهای گیاهی می‌باشد (۲۸ و ۳۴).

جدول ۱- مواد خوراکی جیره‌ها در دوره‌های مختلف (بر حسب درصد هوا خشک)

Table 1- Ingredients and chemical composition of diets in different periods (percent, air dry basis)

ماده خوراکی Ingredient	پیش آغازین (1 تا 2 ماهگی) Prestarter					آغازین (2 تا 4 ماهگی) Starter					رشد (4 تا 6 ماهگی) Grower				
	1[1]	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
سبوس گندم Wheat bran	0.00	0.00	0.00	8.00	14.52	0.00	0.00	0.00	12.68	14.48	0.00	0.00	0.00	13.58	16.18
تفاله چغندر قند Sugar beet pulp	0.00	7.87	22.69	0.00	0.00	0.00	9.17	19.63	0.00	0.00	0.00	8.11	18.19	0.00	0.00
یونجه Alfalfa	9.51	3.00	2.00	7.62	10.03	28.26	22.77	18.32	19.57	29.88	51.49	44.39	39.62	40.87	49.75
ذرت Corn	19.81	18.97	33.38	11.73	6.5	24.84	26.79	31.65	14.38	12.58	22.39	21.24	25.21	10.85	8.39
جو Barley	34.6	32.52	4.46	39.89	35.63	21.74	14.89	3.14	29.75	18.49	14.41	14.7	4.43	25.52	15.79
کنجاله سویا (CP= 0.48) Soybean meal	27.46	30.14	27.54	22.36	22.4	19.73	21.35	22.03	18.32	17.74	7.44	7.59	8.53	4.86	4.14
پودر ماهی Fish meal	3.63	1.89	5.55	5.99	5.01	0.69	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
روغن خام سویا Soybean oil	0.00	0.00	0.00	0.00	1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	0.49	0.00	0.00	0.08	1.98
دی‌کلسیم‌فسفات DCP	1.89	2.18	1.73	1.31	1.33	2.03	2.2	2.2	1.8	1.82	1.83	1.84	1.90	1.45	1.44
کربنات کلسیم Calcium carbonate	1.73	1.9	1.39	1.74	1.80	1.3	1.34	1.25	1.81	1.46	0.56	0.63	0.59	1.11	0.82
مکمل معدنی[۲] Mineral premix[2]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
مکمل ویتامینی[۳] Vitamin premix[3]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
نمک Salt	0.25	0.23	0.07	0.23	0.23	0.27	0.23	0.16	0.3	0.27	0.26	0.22	0.16	0.29	0.26
دی‌ال‌متیونین DL-Methionin	0.12	0.16	0.16	0.13	0.15	0.14	0.17	0.2	0.21	0.19	0.13	0.16	0.18	0.19	0.18
ال‌لیزین‌هیدروکلراید L-Lysine HCL	0.00	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.09	0.14	0.18	0.01	0.00	0.12	0.19	0.2	0.06

[۱] تیمار ۱: تیمار شاهد، دارای ۷/۵ درصد فیبر محلول و ۱۶ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی پیش‌آغازین (۱ تا ۲ ماهگی)، ۷/۶ درصد فیبر محلول و ۲۰ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی آغازین (۲ تا ۴ ماهگی)، ۸/۲۵ درصد فیبر محلول و ۲۵/۵ درصد فیبر نامحلول در دوره رشد (۴ تا ۶ ماهگی)؛ تیمار ۲ : دارای ۲ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (تفاله چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول)؛ تیمار ۳: دارای ۴ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (تفاله چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول)؛ تیمار ۴: دارای ۲ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول)؛ تیمار ۵: دارای ۴ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول).

[۲] هر ۵ کیلوگرم مکمل معدنی شامل ۷۰۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم، ۱۷۰۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۵۰۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۱۲۶۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۲۱۰۰۰ میلی‌گرم مس، ۱۴۰۰ میلی‌گرم ید، ۴۵۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۱۴۰ میلی‌گرم کبالت، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم گوگرد، ۵۰۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین‌کلراید و ۱۵۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان است.

[۳] هر ۵ کیلوگرم مکمل ویتامینی شامل ۱۴۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۴۰۰۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، ۴۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۴۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_1، ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_2، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_3، ۸۰۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_5، ۵۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_6، ۴۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_9، ۱۰۰ میلی‌گرم ویتامین B_{12}، ۳۰۰ میلی‌گرم ویتامین H_2، ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین C، ۱۶۵۰۰۰ میلی‌گرم ال کارنیتین و ۱۵۰۰ میلی‌گرم آنتی‌اکسیدان است.

[1]Treatment 1: control (In prestarter'1-2 months' period contained 7.5% soluble fiber and 16% insoluble fiber; In starter period '2-4months' contained 7.6% soluble fiber and 20% insoluble fiber; In grower period '4-6months' contained 8.25% soluble fiber and 25.5% insoluble fiber; Treatment 2: contained 2% soluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 3: contained 4% soluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 4: contained 2% insoluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 5: contained 4% insoluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber).

[2] Each 5 Kg of mineral premix provided the following: Mg 7000 mg , Mn 170000 mg, Fe 50000 Mg, Zn 126000 mg, Cu 21000 mg, I 1400 mg, Se 450 mg, Co 140 mg, S 20000 mg, Choline chloride 500000 mg , Anti oxidan 1500 mg.

[3] Each 5 Kg of vitamin premix provided the following: vitamin A 14000000 IU, vitamin D_3 4000000 IU, vitamin E 100000 mg, vitamin K_3 4000 mg, vitamin B_1 4000 mg, vitamin B_2 10000 mg, vitamin B_3 20000 mg, vitamin B_5 80000 mg, vitamin B_6 5000 mg, vitamin B_9 4000 mg, vitamin B_{12} 100 mg, vitamin H_2 300 mg, vitamin C 25000 mg, L- Carnitine 165000 mg, Antioxidant 1500 mg.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف

Table 2- The chemical composition of diets in different periods (percent, air dry basis)

ماده خوراکی Ingredient	پیش آغازین (1 تا 2 ماهگی) Prestarter					آغازین (2 تا 4 ماهگی) Starter					رشد (4 تا 6 ماهگی) Grower				
	1[1]	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) AMEn (Kcal/Kg)	3100	3100	3100	3100	3100	2900	2900	2900	2900	2900	2700	2700	2700	2700	2700
پروتئین خام (٪) Crude protein (%)	22.71	23.1	22.53	22.47	22.66	19.45	19.5	19.5	19.6	19.5	16	15.82	16	15.79	15.44
چربی خام (٪) Crude fat (%)	1.84	1.82	2.23	2.01	3.44	2.05	2.11	2.25	2.23	4.26	2.68	2.23	2.35	2.49	4.36
فیبر خام (٪) Crude fiber (%)	6.55	5.94	5.94	6.96	7.8	10.29	9.79	9.41	9.69	11.6	15.32	14.69	14.26	14.49	16.21
فیبر کل (٪) Total fiber (%)	23.5	25.5	27.5	25.5	27.5	27.6	29.6	31.6	29.6	31.6	33.75	35.75	37.75	35.75	37.75
فیبر محلول (٪) Soluble fiber (%)	7.5	9.5	11.5	7.5	7.5	7.6	9.6	11.6	7.6	7.6	8.25	10.25	12.25	8.25	8.25
فیبر نامحلول (٪) Insoluble fiber (%)	16	16	16	18	20	20	20	20	22	24	25.5	25.5	25.5	27.5	29.5
کلسیم (٪) Calcium (%)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
فسفر قابل دسترس (٪) Available phosphorus (%)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
سدیم (٪) Sodium (%)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
آرژنین (٪) Arginine (%)	1.34	1.33	1.37	1.33	1.33	1.06	1.06	1.07	1.05	1.06	0.76	0.74	0.75	0.74	0.75
لیزین (٪) Lysine (%)	1.33	1.32	1.33	1.33	1.33	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.24	1.25	1.25	1.24	1.24
متیونین (٪) Methionine (%)	0.49	0.49	0.52	0.5	0.5	0.45	0.46	0.46	0.47	0.46	0.4	0.41	0.42	0.43	0.42
متیونین + سیستین (٪) Methionine + Cystine (%)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

[۱]- تیمار ۱: تیمار شاهد، دارای ۷/۵ درصد فیبر محلول و ۱۶ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی پیش‌آغازین (۱ تا ۲ ماهگی)، ۷/۶ درصد فیبر محلول و ۲۰ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی آغازین (۲ تا ۴ ماهگی)، ۸/۲۵ درصد فیبر محلول و ۲۵/۵ درصد فیبر نامحلول در دوره رشد (۴ تا ۶ ماهگی)؛ تیمار ۲ : دارای ۲ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (تفاله چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول)؛ تیمار ۳: دارای ۴ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (تفاله چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول)؛ تیمار ۴: دارای ۲ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول)؛ تیمار ۵: دارای ۴ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول).

[1]:Treatment 1: control (In prestarter'1-2 months' period contained 7.5% soluble fiber and 16% insoluble fiber; In starter period '2-4months' contained 7.6% soluble fiber and 20% insoluble fiber; In grower period '4-6months' contained 8.25% soluble fiber and 25.5% insoluble fiber; Treatment 2: contained 2% soluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 3: contained 4% soluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 4: contained 2% insoluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 5: contained 4% insoluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber).

باکتری‌های هضم‌کننده فیبر نظیر *فیبروباکتر سوکسینوژنز*[۷] و *رومینوکوکوس فلاوفاسینس*[۸] در سکوم‌های پرنده (۲۲) و سایر

1- *Fibrobacter succinogenes*

2- *Ruminococcus flavefaciens*

باکتری‌های تخمیر کننده فیبر در راست روده شترمرغ، این پرنده را قادر می‌سازند که توانایی مناسبی برای استفاده از منابع فیبری داشته باشد (۳۰). در نتیجه تیمارهای مصرف کننده‌ی جیره‌های حاوی فیبر محلول و نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد، کاهش گوارش‌پذیری مواد مغذی را نشان ندادند. این موضوع قابلیت بالاتر شترمرغ‌ها را در سازگاری به استفاده از جیره‌های حاوی فیبر بالاتر نسبت به جوجه-های گوشتی و سایر پرندگان نشان می‌دهد. جیمنز مورنو و همکاران (۱۹) نشان دادند که افزایش سطح تفاله چغندرقند از ۲۵ به ۷۵ گرم در هر کیلوگرم جیره جوجه‌های گوشتی منجر به افت افزایش وزن روزانه می‌شود. افزایش سطح فیبر در جیره بوقلمون‌ها از ۳ به ۹ درصد منجر به کاهش در عملکرد آن‌ها شد (۲۹).

با توجه به این که شروع آزمایش از سن یک ماهگی بوده، شترمرغ‌ها قابلیت کافی را در استفاده از منابع مختلف فیبر داشتند و تفاوت در سرعت عبور محتویات گوارشی با مصرف منابع فیبر محلول یا نامحلول اثر معنی‌داری بر گوارش‌پذیری مواد مغذی در آن‌ها نداشت.

زمان تخلیه مواد هضمی در شترمرغ‌های ۴۲ روزه با وزن ۵ تا ۱۰ کیلوگرم ۳۲ ساعت و در شترمرغ‌های با وزن ۴۲ تا ۵۰ کیلوگرم ۴۷/۹ ساعت است که فرصت بهینه را برای تخمیر میکروبی فراهم می‌آورد (۳۱).

گوارش‌پذیری فیبر محلول و نامحلول و خاکستر با افزایش سن افزایش یافتند ($P<0/05$). فیبرمحلول و نامحلول به دلیل اتصال به مواد معدنی باعث کاهش جذب آن‌ها در روده باریک می‌شوند؛ اما در راست روده در نتیجه تخمیر فیبرها، این مواد معدنی جذب می‌شوند و بسته به قابلیت تخمیر پذیری فیبر، میزان جذب متفاوت دارند (۴). با افزایش سن پرنده فعالیت باکتری‌ها در راست روده و روده کور افزایش می‌یابد. ایجی (۱۷) گزارش کرد که از سن ۵۵ روزگی فعالیت بتا دی گلوکوزیداز و بتا دی گالاکتوزیداز در روده کور و راست روده شترمرغ به طور خطی افزایش می‌یابد. این محققین نشان دادند که فعالیت پروتئازی میکروارگانیسم‌ها در ایلئوم، روده کور و راست روده پرنده در سن ۷۲ روزگی نسبت به ۵۵ روزگی افزایش قابل توجهی داشت.

سیلیرز (۶) گزارش کرد که شترمرغ‌ها قادر به هضم ۶۶ درصد محتویات دیواره‌ی سلولی هستند. مطالعات متعددی تراکم بالای اسیدهای چرب فرار را در راست روده شترمرغ گزارش کردند که این موضوع بیانگر تخمیر بالا در راست روده شترمرغ می‌باشد (۸ و ۱۸). زمان کافی ماندگاری مواد فیبری در دستگاه گوارش شترمرغ باعث می‌شود این مواد به خوبی در معرض هضم میکروبی قرار گیرند (۳۱).

گوارش‌پذیری پروتئین و چربی در سن ۴ ماهگی نسبت به ۲ ماهگی افزایش ($P<0/05$)، اما در سن ۶ ماهگی نسبت به ۴ ماهگی کاهش یافت ($P<0/05$). با توجه به این که محل جذب پروتئین و چربی عمدتاً در روده باریک است، این کاهش احتمالاً مربوط به سطح بالاتر فیبر جیره در سن ۶ ماهگی و تداخل با اثر آنزیم‌های گوارشی روده باریک در جذب این مواد مغذی می‌باشد (۲۴).

جدول ۳- ترکیب شیمیایی تفاله چغندر قند و سبوس گندم[1]* (درصد، بر اساس هوا خشک)

Table 3- Chemical composition of sugar beet pulp and wheat bran[1]* (percent, air dry basis)

ماده خوراکی ingredient	AMEn (Kcal/Kg)	پروتئین خام (٪) Crude protein (%)	چربی خام (٪) Crude fat (%)	فیبر خام (٪) Crude fiber (%)	فیبر کل (٪) Total fiber (%)	فیبر محلول (٪) Soluble fiber (%)	فیبر نامحلول (٪) Insoluble fiber (%)	کلسیم (٪) Calcium (%)	فسفر قابل دسترس (٪) Available phosphorus (%)
تفاله چغندر قند Sugar beet pulp	2798	10.23	2.6	14.92	67.64	34.18	33.46	0.8	0.06
سبوس گندم Wheat bran	2799. 8	16.63	4.8	10.4	41.84	0.84	41	0.1	0.65

۱- AMEn تفاله چغندر قند برگرفته از ایاز و همکاران (۲)، AMEn سبوس گندم برگرفته از سیلیرز (۶)، اعداد مربوط به کلسیم و فسفر تفاله چغندر قند برگرفته از فید و همکاران(۱۲)، اعداد مربوط به کلسیم و فسفر قابل دسترس سبوس گندم برگرفته از لیسون و سامرز (۲۰) و اعداد مربوط به سایر مواد مغذی تفاله چغندرقند و سبوس گندم توسط نویسندگان در آزمایشگاه تغذیه دام اندازه‌گیری شده است.

1-The AMEn of sugar beet pulp were taken from Ayaz et al., (2), AMEn of wheat bran were taken from Ciliers (6), percentages of calcium and phosphorus of sugar beet pulp were taken from Fade et al., (12), percentages of calcium and available phosphorus of wheat bran were taken from Leeson and Summers (20). The percentages of other nutrients of sugar beet pulp and wheat bran were

obtained from laboratory measurements by authors.

جدول ٤– اثر سطوح فیبر محلول و نامحلول بر گوارش‌پذیری مواد مغذی در جوجه شترمرغ

Table 4- Effect of soluble and insoluble fiber levels on nutrients digestibility in ostrich chicks

	تیمار Treatment	گوارش‌پذیری پروتئین(٪) Protein digestibility (%)	گوارش‌پذیری چربی (٪) Fat digestibility (%)	گوارش‌پذیری فیبر محلول (٪) Soluble fiber digestibility (%)	گوارش‌پذیری فیبر نامحلول (٪) Insoluble fiber digestibility (%)	گوارش‌پذیری خاکستر (٪) Ash digestibility (%)
	1[2]	81.17± 0.7572[1]	88.01± 1.1386	65.09± 1.7868	51.48± 0.7022	44.03± 1.7033
	2	79.52± 0.7572	86.71± 1.1386	66.37± 1.7868	51.24± 0.7022	39.29± 1.7033
	3	81.56± 0.7579	83.92± 1.1386	63.01± 1.7868	51.72± 0.7022	42.82± 1.7033
	4	81.45± 0.7579	86.76± 1.1386	61.77± 1.7868	52.4± 0.7022	40.92± 1.7033
	5	80.18± 0.7579	86.78± 1.1386	60.37± 1.7868	53.59± 0.7022	41.42± 1.7033
	Pvalue	0.2641	0.1685	0.1424	0.1575	0.3626
	سن (ماه) Age (month)					
	2	71.8^{c}± 0.9292	74.11^{c}± 1.4335	46.65^{c}± 2.3322	46.34^{c}± 0..4605	33.16^{c}± 0.871
	4	87.25^{a}± 0.2602	94.13^{a}± 0.3438	68^{b}± 0.5791	53.38^{b}± 0.2308	42.67^{b}± 1.7956
	6	83.26^{b}± 0.3421	91.07^{b}± 0.2269	75.26^{a}± 0.8975	56.54^{a}± 0.7904	49.24^{a}± 1.5558
	Pvalue	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	تیمار * سن Age* Treatment					
2	1	71.38± 2.0778	76.49± 3.2055	49.19± 5.2151	45.94± 1.0297	34.96± 1.9477
	2	70.44± 2.0778	74.51± 3.2055	53.43± 5.2151	46.19± 1.0297	32.50± 1.9477
	3	73.18± 2.0778	67.59± 3.2055	40.47± 5.2151	45.44± 1.0297	33.50± 1.9477
	4	73.85± 2.0778	76.29± 3.2055	46.16± 5.2151	47.74± 1.0297	30.98± 1.9477
	5	70.17± 2.0778	75.66± 3.2055	44.02± 5.2151	46.40± 1.0297	33.87± 1.9477
4	1	88.61± 0.5819	95.81± 0.7689	69.84± 1.2949	53.19± 0.5161	45.51± 4.0151
	2	87.23± 0.5819	94.63± 0.7689	70.98± 1.2949	52.46± 0.5161	40.10± 4.0151
	3	87.59± 0.5819	93.86± 0.7689	70.35± 1.2949	53.53± 0.5161	44.43± 4.0151
	4	86.76± 0.5819	93.50± 0.7689	64.78± 1.2949	52.97± 0.5161	40.78± 4.0151
	5	86.08± 0.5819	92.82± 0.7689	64.04± 1.2949	54.74± 0.5161	42.54± 4.0151
6	1	83.51± 0.7650	91.72± 0.5074	76.25± 1.7855	55.32± 1.7674	51.61± 3.4789
	2	80.89± 0.7650	90.98± 0.5074	74.69± 1.7855	55.07± 1.7674	45.25± 3.4789
	3	84.01± 0.7650	90.29± 0.5074	78.22± 1.7855	56.20± 1.7674	50.52± 3.4789
	4	83.74± 0.7650	90.49± 0.5074	74.36± 1.7855	56.49± 1.7674	50.98± 3.4789
	5	84.28± 0.7650	91.86± 0.5074	72.76± 1.7855	59.63± 1.7674	47.84± 3.4789
	Pvalue	0.0895	0.1677	0.4515	0.6844	0.9834

[a-b] میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

[۱-] میانگین± خطای استاندارد میانگین

[۲-] تیمار ۱: تیمار شاهد، دارای ۷/۵ درصد فیبر محلول و ۱۶ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی پیش‌آغازین (۱ تا ۲ ماهگی)، ۷/۶ درصد فیبر محلول و ۲۰ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی آغازین (۲ تا ۴ ماهگی)، ۸/۲۵ درصد فیبر محلول و ۲۵/۵ درصد فیبر نامحلول در دوره رشد (۴ تا ۶ ماهگی)؛ تیمار ۲ : دارای ۲ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (تفاله چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول)؛ تیمار ۳: دارای ۴ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (تفاله چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول)؛ تیمار ۴: دارای ۲ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول)؛ تیمار ۵: دارای ۴ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول).

[a-b] Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

[1-] Mean ± Standard of mean

[2-] Treatment 1: control (In prestarter'1-2 months' period contained 7.5% soluble fiber and 16% insoluble fiber; In starter period '2-4months' contained 7.6% soluble fiber and 20% insoluble fiber; In grower period '4-6months' contained 8.25% soluble fiber and 25.5% insoluble fiber; Treatment 2: contained 2% soluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 3: contained 4% soluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 4: contained 2% insoluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 5: contained 4% insoluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber).

جدول ۵- اثر سطوح فیبر محلول و نامحلول بر AME و AME_n در جوجه شترمرغ

Table 5- Effect of levels of soluble and insoluble fibers on AME and AME_n in ostrich chick

	تیمار Treatment	AME (kcal/kg)	AMEn (kcal/kg)	نسبت راندمان انرژی Energy efficiency ratio (g/kcal)
	1[2]	3483.22^{c}± 24.2946[1]	3247.85^{a}± 25.5875	12.82^{ab}± 0.4225
	2	3385.54^{c}± 24.2946	3090.07^{b}± 25.5875	13.58^{a}± 0.4225
	3	3427.87^{c}± 24.2946	3088.81^{b}± 25.5875	13.41^{a}± 0.4225
	4	3653.83^{b}± 24.2946	3332.73^{a}± 25.5875	12.08^{ab}± 0.4225
	5	3775.67^{a}± 24.2946	3328.17^{a}± 25.5875	11.92^{ab}± 0.4225
	Pvalue	<0.0001	<0.0001	0.0305[2]
	سن (ماه) Age (month)			
	2	3266.93^{c}± 22.0468	2966.29^{c}± 30.7468	19.13^{a}± 0.5918
	4	3719.36^{a}± 8.5341	3297.25^{b}± 7.6906	13.4^{b}± 0.3429
	6	3649.38^{b}± 12.4186	3389.03^{a}± 15.8292	5.75^{c}± 0.0943
	Pvalue	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	تیمار *سن Age * Treatment			
2	1	3117.34^{d}± 49.2982	2877.94^{e}± 68.752	19.79± 1.3233
	2	3006.43^{d}± 49.2982	2729.59^{e}± 68.7520	20.41± 1.3233
	3	3024.71^{d}± 49.2982	2788.10^{e}± 68.752	20.06± 1.3233
	4	3497.07^{c}± 49.2982	3224.83^{abcd}± 68.752	18.42± 1.3233
	5	3689.11^{ab}± 49.2982	3210.97^{bcd}± 68.752	17± 1.3233
4	1	3856.21^{a}± 19.0827	3424.03^{ab}± 17.1968	12.87± 0.8667
	2	3576.34^{c}± 19.0827	3142.19^{d}± 17.1968	14.63± 0.8667
	3	3591.06^{bc}± 19.0827	3165.16^{cd}± 17.1968	14.31± 0.8667
	4	3751.72^{abc}± 19.0827	3359.49^{abcd}± 17.1968	12.13± 0.8667
	5	3821.46^{abc}± 19.0827	3395.38^{ab}± 17.1968	13.06± 0.8667
6	1	3476.1^{abc}± 27.7688	3441.57^{a}± 35.3952	5.78± 0.211
	2	3573.84^{abc}± 27.7688	3398.42^{ab}± 35.3952	5.70± 0.211
	3	3667.83^{bc}± 27.7688	3313.16^{abcd}± 35.3952	5.87± 0.211
	4	3712.68^{abc}± 27.7688	3413.86^{ab}± 35.3952	5.7± 0.211
	5	3816.44^{abc}± 27.7688	3378.15^{abc}± 35.3952	5.7± 0.211
	Pvalue	<0.0001	<0.0001	0.3587

a-b میانگین‌های هر ستون با حروف غیر مشترک دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

۱- میانگین± خطای استاندارد میانگین

۲- تیمار ۱: تیمار شاهد، دارای ۷/۵ درصد فیبر محلول و ۱۶ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی پیش‌آغازین (۱ تا ۲ ماهگی)، ۷/۶ درصد فیبر محلول و ۲۰ درصد فیبر نامحلول در دوره‌ی آغازین (۲ تا ۴ ماهگی)، ۸/۲۵ درصد فیبر محلول و ۲۵/۵ درصد فیبر نامحلول در دوره رشد (۴ تا ۶ ماهگی)؛ تیمار ۲ : دارای ۲ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (تفاله چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول)؛ تیمار ۳: دارای ۴ درصد فیبر محلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (تفاله چغندر قند به عنوان منبع فیبر محلول)؛ تیمار ۴: دارای ۲ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول)؛ تیمار ۵: دارای ۴ درصد فیبر نامحلول بیشتر نسبت به تیمار شاهد (سبوس گندم به عنوان منبع فیبر نامحلول).

۳- اگرچه سطح احتمال در این قسمت کمتر از ۰/۰۵ است، اما در خروجی نرم‌افزار SAS هنگام مقایسه تیمارها با یکدیگر، تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد؛ لذا نتیجه گیری می‌شود که تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

a-b Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

1- Mean ± Standard of mean

2- Treatment 1: control (In prestarter’1-2 months’ period contained 7.5% soluble fiber and 16% insoluble fiber; In starter period ’2-4 months’ contained 7.6% soluble fiber and 20% insoluble fiber; In grower period ’4-6months’ contained 8.25% soluble fiber and 25.5% insoluble fiber; Treatment 2: contained 2% soluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 3: contained 4% soluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 4: contained 2% insoluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber); Treatment 5: contained 4% insoluble fiber higher than control (Sugar beet pulp as soluble fiber).

3- Although probability is less than 0.05 but when treatments compared each other the P-values were more than 0.05, therefore we concluded treatments had no significant difference.

انجل (۱) گزارش کرد که گوارش پذیری چربی و فیبر نـامحلول در شترمرغ‌ها با افزایش سن افزایش می‌یابد؛ البته در تحقیق وی بـر خلاف آزمایش اخیر محتویات مواد مغذی جیره از سه هفتگی تا سی ماهگی یکسان بود. همانطور که در جدول ۳ نشان داده شـده اسـت. گوارش‌پذیری فیبر محلول نسبت به فیبر نامحلول بیشتر بوده اسـت. فیبرهای محلول به دلیل سرعت عبور کمتر از دستگاه گوارش نسبت به فیبرهای نامحلول بیشتر در معرض هضم میکروبی قرار می‌گیرنـد (۱۰). البته در تحقیق اخیر سطح استفاده از فیبر محلول کمتر از فیبـر نامحلول بود که شاید در گوارش‌پذیری بیشتر فیبر محلول تأثیرگـذار بوده باشد. بنابراین استفاده از تفاله چغندرقند می‌تواند به عنوان بخشی از منبع انرژی جیره، علاوه بر کاهش احتمالی هزینه‌های خوراک بـه بهبود عملکرد پرنده کمک کند.

اثر منابع فیبر محلول و نامحلول، در سنین مختلف پرورشی بر AME و AMEn در جدول ۵ گزارش شده است. AME بین تیمـار شاهد و تیمارهای دارای فیبر محلول بیشتر تفاوت معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵)، ولی در تیمارهای دارای فیبر نامحلول بیشتر نسـبت بـه سایر تیمارها افزایش یافت (P<۰/۰۵) که با توجه به کوچک‌تر بودن طول روده‌ی کوچک شترمرغ نسبت به راست روده آن (۷) و توانـایی کافی میکروارگانیسم‌های مسـتقر در روده‌ی بـزرگ شـترمرغ جهـت مصرف خوراک‌های فیبری، انتظار می‌رود تفاوت در AME و AMEn با مصرف منبع فیبر نامحلول در مقایسه با فیبر محلول، مربوط به تأثیر بیشتر منابع مختلف فیبر بر روده‌ی باریک باشد.

فیبر نامحلول با افزایش نسبت ارتفـاع پـرز بـه عمـق کریپـت و افزایش سلول‌های گابلت (۲۶) باعث بهبود قابلیـت اسـتفاده از مـواد مغذی خوراک شـده و بـه ایـن طریـق منجـر بـه افـزایش AME و AMEn نسبت به تیمارهای دریافت کننده‌ی فیبر محلول بیشتر شده است. همچنین فیبر نـامحلول منجـر بـه بهبـود فعالیـت سـنگدان و دستگاه گوارش شده (۱۶) و با کـاهش گرانـروی محتویـات هضـمی منجر به افزایش تأثیر آنزیم‌های گوارشی مترشحه از سلول‌های روده‌ی باریک (از قبیل آلفا آمیلاز) شـده و باعـث بهبـود هضـم و جـذب نشاسته و سایر مواد مغذی گردیده (۲۳ و ۲۴) و به این سبب انـرژی دریافتی از جیره توسط پرنده افزایش می‌یابد. با افزایش فیبر نامحلول به دلیل افزایش سرعت عبور محتویات گوارشـی از دسـتگاه گـوارش (۱۰) مصرف خوراک بیشتر می‌شود (۲۶).

AMEn در تیمارهای دارای فیبر محلول بیشتر نسبت به گروه تغذیه شده بـا جیـره حـاوی فیبـر نـامحلول بیشـتر، کـاهش یافـت (P<۰/۰۵) که این نیز به دلیل اثر فیبر محلول بر گرانروی محتویات گوارشی در روده‌ی باریک است (۲۳). همانطور که گفته شد فیبرهای محلول مانند پکتین‌ها با افزایش گرانروی محتویات گوارشی منجر به کاهش سطح تماس آنزیم‌ها با مواد هضمی شده و در نتیجـه جـذب مواد مغذی از روده‌ی باریک و به طبع آن انرژی دریافتی توسط پرنده کاهش می‌یابد (۱۹). AMEn به تناسب سـن پرنـده افـزایش یافتـه است. افزایش این شاخص به دلیل فعالیت بیشتر پرنده در سنین بالاتر (۸)، افزایش انرژی مورد نیاز برای نگهداری و فعالیت پرنده (۱۱) و در نتیجه مصرف بیشتر انرژی توسط پرنده می‌باشد. جمعیـت میکروبـی روده کور و راست روده شـترمرغ (از سـن ۳ هفتگـی بـه بعـد) شـبیه شکمبه است (۳۴) که این میکروارگانیسم‌ها توانـایی تخمیـر فیبـر و تولید اسیدهای چرب فرار نظیر استات، پروپیونات و بوتیرات را دارنـد (۶) که این اسیدهای چرب فرار تأمین کننده بخشی از انـرژی قابـل متابولیسم می‌باشند (۲۱). اسوارت و همکـاران (۳۰) تولیـد اسـیدهای چرب فرار ناشی از تخمیر در روده‌ی بزرگ شترمرغ و انرژی حاصل از آن را در شترمرغ‌های با وزن‌های متفاوت بررسی کردند. بـا افـزایش وزن پرنده، تولید اسیدهای چرب فرار و در نتیجه انرژی حاصل از آن‌ها افزایش یافت (جدول ۶) که در تحقیق حاضر نیز با افـزایش سـن پرنده، افزایش انرژی قابل سوخت و ساز مشاهده شد.

نسبت راندمان انرژی قابل سوخت و ساز در جدول ۵ گزارش شده است که بین تیمارهای مختلف تفاوت وجود دارد به طوری‌که در گروه تغذیه شده با سطح بالای فیبر نامحلول، راندمان انرژی قابل سوخت و ساز کاهش یافت. بین دوره‌های مختلف، تفاوت معنـی‌داری در ایـن شاخص مشاهده می‌شود (P<۰/۰۵)، به طوری که بـا افـزایش سـن پرنده این نسبت کاهش می‌یابد و دلیل آن این اسـت کـه پرنـده در سنین بالاتر انرژی بیشتری را صرف نگهداری و فعالیـت‌هـای بـدنی می‌کند (۱۱) و در نتیجه نسبت انرژی اختصاص یافته به افزایش وزن کاهش می‌یابد. همانطور که در جدول ۵ مشـاهده مـی‌شـود، اعـداد مربوط به AME بزرگ‌تر از اعداد مربوط به AMEn هستند که ایـن موضوع به دلیل گوارش‌پذیری بالای پروتئین در شترمرغ و در نتیجه ابقاء نیتروژن بیشتر می‌باشد. بنابراین تصحیح انرژی قابل سـوخت و

ساز بر اساس تعادل صفر نیتروژن در شترمرغ ضروری است.

جدول ٦– تولید اسیدهای چرب فرار در رودهی خلفی شترمرغها با وزنهای متفاوت و انرژی حاصل از آنها (۲۸)
Table 6- Volatile fatty acid energy yield (kJ/ day) from the hindgut of ostrich chicks at different live masses

وزن زنده Live mass range (kg)	اسید چرب فرار تولیدی VFA production (mol/day)	انرژی تولیدی از اسیدهای چرب فرار Total VFA yield (kj/day)
5-9	3.622	3753
20-22	5.408	5604
43-50	8.220	8518

نتیجهگیری کلی

با توجه به نتایج این پژوهش میتوان دامنه مناسب برای فیبر محلول و نامحلول را در جیرهی جوجه شترمرغها از سن یک تا دو ماهگی به ترتیب ۷/۵ تا ۱۱/۵ درصد و ۱۶ تا ۲۰ درصد، در سن ۲ تا ۴ ماهگی ۷/۶ تا ۱۱/۶ درصد و ۲۰ تا ۲۴ درصد و در سن ۴ تا ۶ ماهگی ۸/۲۵ تا ۱۲/۲۵ درصد و ۲۵/۵ تا ۲۹/۵ درصد پیشنهاد نمود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF[1]) انجام شد. از همکاری صندوق نهایت تشکر را داریم.

منابع

1- Angel, C. R. 1993. Age change in the digestibility of nutrients in ostriches and nutrient profiles of ostrich and emu eggs as indicators of nutritional status of the hen and chick. Proceedings of the Association of AvianVeterinarians. August 31- September 4, Nashville, Tennessee.

2- Ayaz, M., M. Shivazad, M. H. Shahir, A. Hajibabaei, and S. A. Hosseini. 2013. Determination of apparent and true metabolizable energy of beet pulp fed to ostrich, assessed via marker and total excreta collection methods. Iranian Journal of Animal Science, 44 (2): 187-195. (In Persian)

3- Association of Official Analytical Chemists. 1997. Official Methods of Analysis. 16thed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

4- Baye, K., J.-P. Guyot, and C. Mouquet-Rivier. 2017. The unresolved role of dietary fibers on mineral absorption. Critical reviews in food science and nutrition, 57(5): 949-957.

5- Brand, T., J. Engelbrecht, J. van der Merwe, and L. Hoffman. 2018. Feed preference of grower ostriches consuming diets differing in Lupinus angustifolius inclusion levels. South African Journal of Animal Science, 48(1): 170-185.

6- Cilliers, S. C. 1994. Evaluation of feedstuffs and the metabolisable energy and amino acid requirements for maintenance and growth in ostriches (*Struthio camelus*). Stellenbosch: Stellenbosch University.

7- Cooper, R.G. and K.M. Mahroze. 2004. Anatomy and physiology of the gastro-intestinal tract and growth curves of the ostrich (Struthio camelus). Animal Science Journal, 75(6): 491-498.

8- Deeming, D.C., and N. B. Bubier. 1999. Behaviour in Natural and Captive Environments. In: The ostrich: biology, production and health, pp. 82–105 (ed. D. C. Deeming). CABI Publishing, Wallingford, UK.

9- Department of Agriculture. 2001. Guidelines for the composition of animal feeds. Department of Agriculture, Pretoria, South Africa.

10- Dhingra, D., M. Michael, H. Rajput, and R. Patil. 2012. Dietary fibre in foods: a review. Journal of Food Science and Technology, 49(3): 255-266.

11- Du Preez, J. J. 1991. Ostrich nutrition and management. In: Farrell DJ (ed.), Recent Advances in Animal Nutrition in Australia, pp. 278-291. University of New England, Armidale.

12- Fadel, J., E. DePeters, and A, Arosemena. 2000. Comparison and digestibility of beet pulp with and without molasses and dried using three methods. Animal Feed Science and Technology, 85 (1): 121-129.

1-Iran National Science Fundation

13- Farrell, D., E. Thomson, J. Du Preez, and J. Hayes. 1991. The estimation of endogenous excreta and the measurement of metabolisable energy in poultry feedstuffs using four feeding systems, four assay methods and four diets. British Poultry Science, 32(3):483-499.
14- Glatz, P., Y. Ru, M. Hastings, D. Black, and B. Rayner. 2003. On farm assessment of high fibre dietary sources for grower and finisher ostriches. International Journal of Poultry Science, 2(5): 293-299.
15- Guillon, F. and M. Champ. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. Food Research International, 33(3-4): 233-245.
16- Hetland, H., M. Choct, and B. Svihus. 2004. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. World's Poultry Science Journal, 60 (4):415-422.
17- Iji, P. 2005. Anatomy and digestive physiology of the neonatal ostrich (Struthio camelus) in relation to nutritional requirements. Recent Advances in Animal Nutrition in Australia, 15: 205-217.
18- Jamroz, D. 2000. Feeding ostriches and emus-physiological basis and nutritionalrequirements-a review. Prace i Materiały Zootechniczne, (56): 51-73.
19- Jiménez-Moreno, E., M. Frikha, A. de Coca-Sinova, J. García, and G. Mateos. 2013. Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. Animal Feed Science and Technology, 182 (1-4): 33-43.
20- Leeson, S. and Summers, J. D. 2001. Scott، s nutrition of the chicken. 4th ed. Nuttingham University Press.
21- Musara, C., J. Chamunorwa, K. Holtug, and E. Skadhauge. 2003. Insight into the mechanism of short chain fatty acid absorption in the ostrich (Struthio camelus) proximal colon. British Poultry Science, 44 (2): 316-326.
22- Matsui, H., T. Ban-Tokuda, and M. Wakita. 2010. Detection of fiber-digesting bacteria in the ceca of ostrich using specific primer sets. Current Microbiology, 60(2): 112-116.
23- Mead, G. 1989. Microbes of the avian cecum: types present and substrates utilized. Journal of Experimental Zoology, 252(S3): 48-54.
24- Montagne, L., J. Pluske, and D. Hampson. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. Animal Feed Science and Technology, 108(1-4): 95-117.
25- Ojano-Dirian, C., and P. Waldroup. 2002. Protein and amino acid needs of broilers in warm weather: A review. Poultry Science, 1(4): 40-46.
26- Rezaei, M., M.A. Karimi Torshizi, and Y. Rouzbehan. 2011. The influence of different levels of micronized insoluble fiber on broiler performance and litter moisture. Poultry Science, 90(9): 2008-2012.
27- SAS Institute. 2002. STAT software, version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
28- Scheideler, S. E., and J. L. Sell. 1996. Nutrition guidelines for ostriches and emus: Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska_Lincoln.
29- Sklan, D., A. Smirnov, and I. Plavnik. 2003. The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. British Poultry Science, 44 (5):735-740.
30- Swart, D., R. Mackie, and J. Hayes. 1993. Fermentative digestion in the ostrich (Struthio camelus var. domesticus), a large avian species that utilizes cellulose. South African Journal of Animal Science, 23(5): 127-135.
31- Swart, D., R. Mackie, and J. Hayes.1993 Influence of live mass, rate of passage and site of digestion on energy metabolism and fibre digestion in the ostrich (Struthio camelus var. domesticus). South African Journal of Animal Science, 23(5): 119-126.
32- Van Amburgh, M., J. Voorhees, and J. Robertson. 1999. Total dietary and soluble fiber content of selected ruminant feeds. in Proc. Cornell Nutr. Conf. for Feed Manufacturers.
33- Van Soest, P. v., J. Robertson, and B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of dairy science, 74 (10):3583-3597.
34- Varastegani, A. and I. Dahlan. 2014. Influence of dietary fiber levels on feed utilization and growth performance in poultry. Journal of Animal Production Advances, 4(6): 422-429.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 4, Winter 2021, p. 481-493

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹، ص. ۴۹۳-۴۸۱

Determination of Nutritional Value and Nutrients Digestibility of Diets Containing Two Sources of Soluble and Insoluble Fibers in Ostrich

Seyyed Mohammad Mirbehbahani[1], Seyyed Javad Hosseini-Vashan*[1], Mohsen Mojtahedi[1], Seyyed Homayon Farhangfar[1] and Seyyed Abdullah Hosseini[2]

Submitted: 03-07-2019
Accepted: 08-12-2019

Introduction Like to broiler chickens most of the ostrich breeding cost is related to the price of nutrition. Given the higher ability of ostriches to using the dietary fiber, it is expected that the using of cheaper feeds may be provide diet with lower prices. Agricultural by-products such as sugar beet pulp and various types of brans are rich sources of fibers, each with different percentages of soluble and insoluble fibers. Ostrich (*Struthio camelus*) has a long rectum (about 8 meters) that occupies about 57 % of the length of its gastrointestinal tract, but in the broiler chicken the rectum is only about 3 % of gut tract. The microorganisms in the ostrich's large intestine can digest 38% of cellulose and 68% of hemicellulose. The dietary fiber is divided into two types of water-soluble and water-insoluble. The water-insoluble fibers are including cellulose, lignin and a part of hemicellulose. Due to the higher passage rate of the digestive tract, they are less fermentable than soluble fibers. Water-soluble fibers are mainly including pectin, gum, and mucilage. Soluble fibers reduce the contact of enzymes with digesta, due to increase viscosity, thereby reducing digestion and absorption of nutrients in the gastrointestinal tract. Due to the fact that the effect of soluble and insoluble fibers in the digestive tract is different from each other and so far no research has been done on the effect of fiber source in ostriches. This study was aimed to determine the nutritional value and digestibility of nutrients of diets containing two fiber sources soluble and insoluble in ostrich chicks.

Materials and Methods In order to evaluate the feasibility of using the higher levels of soluble and insoluble fibers in ostrich's diet, this experiment was undertaken using 30 ostrich chicks in a completely randomize design with 5 treatments and 6 replicates in each treatments (one bird in each replicate) in three periods; prestarter (1- 2 months), starter (2- 4 months) and grower (4-6 months). The experimental treatments were as follows: 1-Control diet with standard fiber level, 2- Treatment contains 2% more soluble fiber than control (sugar beet pulp as the source of soluble fiber), 3- Treatment contains 4% more soluble fiber than control (Sugar beet pulp as a source of soluble fiber), 4- Treatment contains 2% more insoluble fiber than control (wheat bran as a source of insoluble fiber) and 5- Treatment contains 4% more insoluble fiber than control (wheat bran as a source of insoluble fiber). A total 30 ostrich chicks were reared at an average weight of 3082± 202.37 grams in cages. In order to determine the digestibility of nutrients, AME and AMEn, the total excreta were collected. Nutrients contents of feed and excreta were measured according to AOAC (1997) methods. The raw energy of feed and excreta was measured by the calorimeter bomb apparatus. Megazim kit was used to measure the total dietary fiber (AOAC Official Method 991.43). The amount of soluble fiber was calculated by subtracting the insoluble fiber from total dietary fiber. Data were analyzed using SAS software (2002) using mixed procedure for repeated measurements with a significance level of 0.05 by Tukey Cramer method.

Results and Discussion Data showed that fiber source had no effect on nutrient digestibility. Ostrich rectum is longer than its small intestine (the rectum occupies 57% of the digestive tract and small intestine occupies 29% of the digestive tract) and a good place to ferment the plant fibers. Fiber digestive bacteria such as *fibrobacter succinogenes* and *ruminococcus flavafaciens* in ostrich's ceca and other fermenter bacteria in the ostrich's rectum enable it to have the proper ability to utilize fiber sources. Since the beginning of the experiment was from the age of one month, ostrich chicks had sufficient ability to use different fiber sources. The difference in the rate of digestive contents through the consumption of soluble or insoluble fiber sources had no significant effect on digestibility of nutrients. Soluble and insoluble fibers digestibility and ash digestibility increased with ageing ($P<0.0001$). As birds age increase the bacterial activity increase in the rectum and ceca. There was no

1-Ph.D. student, Associate professor, Assistant Professor, and Professor, Animal Science Department, University of Birjand, Birjand, IR. Iran
2-Associate professor, Animal Nutrition Department, Animal Science Research Institute, Karaj, IR. Iran
(*-Corresponding author: jhosseiniv@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/ijasr.v12i4.81693

significant difference in AME in treatments that had more soluble fiber compared with the control group, but AME and AMEn increased significantly with increasing insoluble fiber compared to treatments that had more soluble fiber ($P<0.0001$). Which is probably related to the effect of insoluble fiber in the small intestine. Insoluble fiber diets improve the efficiency of nutrients utilization due to increasing the villi height to crypt depth ratio, therefore increased AME and AMEn. The differences in AME and AMEn with consumption of insoluble fiber source in comparison with other treatments are related to the greater effect of different fiber sources on the small intestine. Insoluble fiber decreases the viscosity of digestive contents and increases the effect of digestive enzymes secreted from intestinal cells (such as alpha amylase) and improve the digestion of starch and other nutrients and increase the energy obtaining from the diet by the ostriches. AMEn significantly increased with aging that may due to the increase of the activity of older birds, increase the energy required for maintenance and activity and hence more consumption of energy by the bird. The microbial population of the cecum and colon of the ostrich (from 3 weeks onwards) is similar to the rumen, which has the ability to ferment the fiber and produce volatile fatty acids, which these volatile fatty acids provide part of the metabolizable energy.

Conclusion According to the results of this study, a suitable range for soluble and insoluble fibers in ostriches diets from one to two months old were suggested to be 7.5 to 11.5 percent and 16 to 20 percent, at the age of 2 to 4 months 7.6 to 11.6 percent and 20 to 24 percent and at the age of 4 to 6 months 8.25 to 12.25 percent and 25.5 to 29.5 percent, respectively.

Key words: Fermentation, Large intestine, Ostrich, Protein, Volatile fatty acid.